

Iuliana Lazăr

Ghid pentru analiza statistică a datelor în cercetarea educațională

A guide for statistical analysis of data
in the educational research



Iuliana Lazăr

**Ghid pentru analiza statistică a datelor
în cercetarea educațională**

**A guide for statistical analysis of data
in the educational research**

Iuliana Lazăr

**Ghid penru analiza statistică a datelor
în cercetarea educațională**

**A guide for statistical analysis of data
in the educational research**

Presa Universitară Clujeană

2019

Referenți științifici:

Conf. univ. dr. Otilia Clipa

Conf. univ. dr. Liliana Măță

ISBN 978-606-37-0643-1

**© 2019 Autoarea volumului. Toate drepturile rezervate.
Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice
mijloace, fără acordul autoarei, este interzisă și se pedep-
sește conform legii.**

**Universitatea Babeș-Bolyai
Presa Universitară Clujeană
Director: Codruța Săcelean
Str. Hasdeu nr. 51
400371 Cluj-Napoca, România
Tel./fax: (+40)-264-597.401
E-mail: editura@editura.ubbcluj.ro
<http://www.editura.ubbcluj.ro/>**

ARGUMENT

ABSTRACT: Explorarea comportamentului uman, în diferite contexte educaționale, este mult mai complicată decât pare la prima vedere, datorită nivelului scăzut al reproductibilității datelor experimentale. Prin intermediul acestei cărți, ce completează literatura de specialitate în domeniul Științele Educației, persoanele interesate de prezentarea în detaliu, din punct de vedere teoretic dar și practic, a fiecărei etape necesare a fi abordate în cadrul unei cercetări educaționale ce investighează răspunsul unui grup țintă aflat sub influența unor variabile externe și moderatoare, vor reuși să aprofundeze cunoștințele teoretice aferente analizelor statistice univariate și multivariate a datelor. Publicația este bilingvă (română-engleză) și cuprinde 6 capitole, context, argument și bibliografie. Subiectele vizate au fost următoarele: selectarea metodelor utilizate în cercetarea educațională, dezvoltarea și validarea unui instrument de cercetare, noțiuni generale despre statistică descriptivă, teste comparative ale datelor ordinale, descrierea analizelor factoriale – analize exploratorii, confirmatorii, modelarea prin ecuații de structură și de invarianță.

INTRODUCERE

În literatura de specialitate se regăsesc numeroase studii teoretice și aplicații practice care explică în detaliu etapele necesare pentru prelucrarea și interpretarea datele experimentale din practica educațională. Însă, marea majoritate a autorilor folosesc exemple disparate asociate diferitelor teste statistice (*spre exemplu teste neparametrice*) și nu abordează prezentarea unor studii integrate, cu descrierea tuturor etapelor experimentale parcurse.

Prezenta carte s-a bazat pe studiile efectuate de autoare în cadrul tezei de doctorat din domeniul Științele Educației și a studiilor masterale în domeniul Medicină. Aceasta completează literatura de specialitate, prin prezentarea în detaliu, din punct de vedere teoretic, dar și practic, a fiecărei etape necesare a fi abordate, în cadrul unui studiu din zona practicii educaționale, ce investighează răspunsul unui grup țintă aflat de sub influența unor variabile externe și moderatoare.

Explorarea comportamentului uman, în diferite contexte educaționale, este mult mai complicată decât pare la prima vedere, datorită nivelului scăzut al reproductibilității datelor experimentale. În plus, colectarea datelor

nu se realizează întotdeauna în condițiile unui design experimental foarte bine argumentat și documentat.

Dezvoltarea unui instrument de cercetare este un subiect de interes pentru cercetători, acesta fiind și unul dintre subiectele abordate în cazul tezei de doctorat pe domeniul Științele Educației al autoarei.

Autoarea prezintă pe scurt noțiunile teoretice specifice analizelor statistice a datelor experimentale (*analize descriptive, exploratorii, confirmatorii și de invarianță*), în contextul unui studiu practic, accentul fiind pus pe analiza statistică a datelor, din perspectiva teoretică completată de exemple practice.

Aplicațiile software specializate utilizate pentru prelucrarea datelor au fost următoarele: IBM SPSS profesional cu licență +SW versiunea 20.0; Unscrambler® X, Camo, Norvegia, cu licență versiunea 10.2 și IBM® SPSS® Amos versiunea liberă 26.

ARGUMENT

ABSTRACT: Exploring human behaviour in different educational contexts is much more complicated than it seems at first glance, due to the low level of reproducibility of experimental data. Through this publication, which completes literature in educational sciences, those interested in detailed presentation from the theoretical, but also practical point of view of every stage needed to be addressed in an educational research investigating the response of a target group under the influence of external and moderating variables, will be able to deepen their theoretical knowledge related to univariate and multivariate statistical data analysis. The publication is bilingual (Romanian-English) and contains 6 chapters, context, argument and bibliography. The concerned subjects are the following: selection of methods used in educational research; development and validation of a research instrument; descriptive statistics, comparative tests of ordinary data; description of factorial - exploratory analyses; confirmatory analyses and structural equation modelling (SEM) - multigroup analyses.

INTRODUCTION

In the literature, there are many studies, both theoretical and practical applications, that explain in detail the steps required for the processing and interpretation of experimental data in the educational practice. But most authors use examples associated with different statistical tests (e.g. nonparametric tests) and do not address the presentation of integrated studies, describing all the experimental stages covered.

The present book was based on studies carried out by the author during the PhD program in Educational Sciences and Master's studies in Medicine. This complements the literature by presenting, in detail, from the theoretical and practical point of view, each of the necessary steps that must be addressed in the context of a study in the area of educational practice investigating the response of a target group influenced by external and moderating variables.

Exploring human behaviour in different educational contexts is much more complicated than it seems at first glance, due to the low level of reproducibility of experimental data. In addition, data collection is not made

always in the presence of experimental design, adequately explained and documented.

Developing a research tool is a topic of interest for researchers, which was one of the topics for thesis on educational sciences of the author.

The author briefly introduces the theory of the specific statistical analysis of the experimental data (*descriptive, exploratory, confirmatory and invariance analyses*), in the context of a practical study, with the focus on the statistical analysis of data, in terms of theoretical perspective, supplemented by practical examples.

The specialized software used for data processing were the following: IBM SPSS professional licensed + SW, version 20.0; Unscrambler® X, Camo, Norway, licensed version 10.2 and IBM ® SPSS® Amos version 26, free version.

CONCEPTUL DE INVARIANTĂ

ABSTRACT: Conceptul de invarianță, unanim recunoscut de literatura de specialitate, indică gradul în care dimensiunea constructului, exprimată printr-un set de itemi, reprezintă aceeași semnificație pentru clustere diferite sau pentru același grup, dar aflat în momente temporale diferite. Pentru a investiga aceste aspecte este necesară testarea măsurii în care factorii latenți (*denumiri echivalente - variabile latente sau dimensiuni*), asociați unui model de analiză factorială confirmatorie (CFA), modelează cu același înțeles comportamentul categoriilor diferite de persoane din grupul de investigare. Etapele și necesitatea acestei analize multivariate sunt prezentate pe scurt, împreună cu etapele parcurse, în cazul studiului selectat pentru exemplificarea noțiunilor descrise teoretic.

INVARIANTA DE MĂSURARE. NOȚIUNI TEORETICE

Invarianța de măsurare estimează similitudinea din punct de vedere psihometric a unui construct, între categorii diferite sau la momente de timp diferite, în cazul aceluiași grup. Dacă structura unui construct variază în funcție de categoria/momentul de măsurare, valabil pentru același grup, putem afirma că suntem în situația de non-invarianță de măsurare, în consecință *modelul nu poate fi testat sau interpretat comparativ* în diferite grupuri sau momente temporale (Putnick & Bornstein, 2016). Prin urmare, înainte de testarea diferențelor medii/mediane între grupuri sau a răspunsului la două localizări variabile temporal sau a relațiilor diferite ale factorilor latenți, este obligatoriu să se testeze invarianța construcției (David, 2015; Putnick & Bornstein, 2016; Sava, 2011).

Analizele de invarianță sunt deosebit de importante, deoarece ne permit să demonstrăm, și ulterior să interpretăm, diferențele între diferite categorii ale aceluiași grup țintă investigat, fiind relevante în cazul în care se dorește generalizarea rezultatelor. Testele de invarianță sunt deosebit de utile deoarece măsoară dacă variabile dependente răspund diferit în funcție de valorile aceleiași variabile independente sau moderatoare.

Din perspectiva lui Sava (2018), în absența invarianței, o diferență sesizată între două valori ale aceleiași variabile de răspuns, nu poate fi atribuită direct diferențelor dintre categoriile investigate, ci poate fi atribuită diferențelor existente la nivel de construct (Sava, 2011). Testarea invarianței instrumentului de

măsurare se poate efectua utilizând metoda de analiză factorială confirmatorie multi-grup (grupuri multiple MGCFA) (Balog, 2013).

TESTE SUCCESIVE DE INVARIANTĂ

În cazul utilizării instrumentelor de măsură cu scopul de a compara comportarea clusterelor diferite sau a membrilor aceluiași grup aflați în situații diferite, va trebui să avem în vedere următoarele teste succesive (*modelele asociate sunt subsumate sau imbricate (nested)*, așa cum precizează mai mulți autori):

- 1) **Invarianța de construct** (*configurație/equivalence of factor variances*) În această etapă se testează dacă *toate grupurile au aceiași factori latenți și aceiași itemi*. Concret, se demonstrează faptul că structura factorială este aceeași pentru diferite cluster, respectiv aceleași dimensiuni explică matricele de variație-covarianță asociate cu răspunsurile grupurilor. Se recomandă efectuarea de analize separate ale matricelor de variație-covarianță, cu scopul de a investiga fiecare relație dintre variabilele latente ale modelului. Acest model neconstrâns, denumit și “model de bază” sau “model de referință” este utilizat ca reper față de celelalte modele ce conțin constrângeri ale datelor. Prin urmare, parametrii a două grupuri diferite pot varia, valorile acestora sunt similare, dar nu în mod obligatoriu identice (Schmitt & Kuljanin, 2008). Invarianța formei modelului ne asigură că un construct are o semnificație similară în grupurile supuse analizei. Respectarea condiției de invarianță a formei modelului este obligatorie pentru continuarea testelor de invarianță (Balog, 2013).
- 2) **Invarianța metrică slabă** (*metrică*)

Această etapă implică testarea constanței valorilor încărcărilor factorilor, indiferent de subcategoria de populație analizată, din cadrul unui cluster. Invarianța metrică slabă (metrică) se confirmă, dacă coeficienții de regresie între fiecare factor latent și itemii asociați sunt aceiași sau aproximativ aceiași, reflectând astfel constanța intensității acestor relații de-a lungul categoriilor/momentelor. În situația în care invarianța metrică nu este îndeplinită, putem concluziona faptul că semnificația teoretică a itemilor variază în funcție de categorie/moment. Spre exemplu, în această etapă a analizei de invarianță se poate stabili dacă există sau nu diferențe semnificative între două grupuri cu privire la *nivelul de saturare a itemilor în factori*. Verificarea invarianței metrice slabe este obligatorie în cazul în care dorim să utilizăm aceeași scală de măsură în contexte culturale diferite (*de*

exemplu, ne propunem să comparăm atitudinea față de adoptarea tehnologiilor moderne a profesorilor din România versus cei din Franța). Invarianța metrică slabă poate fi valabilă pentru toți itemii unei scale, sau parțial, doar în cazul unor itemi, situație corespunzătoare invarianței metrice slabe parțiale (Schmitt & Kuljanin, 2008).

3) Invarianța metrică puternică (scalară)

În acest caz, constantele ecuațiilor de regresie dintre fiecare factor latent și itemii asociați sunt aceleași sau aproximativ aceleași, reflectând astfel constanța intensității acestor relații de-a lungul categoriilor / momentelor analizate; neîndeplinirea invarianței metrice se reflectă în diferența semnificativă statistic dintre valorile medii ale răspunsurilor (factorilor latenți). Doar în situația în care grupurile investigate ating acest nivel de invarianță este corectă compararea comportamentului persoanelor ce provin din medii culturale diferite, deoarece diferențele pot fi atribuite exclusiv caracteristicilor măsurate și nu altor factori externi ce nu au fost prevăzuți în cercetare. Pentru grupurile de dimensiuni mari însă, invarianța metrică puternică este greu de îndeplinit. Din aceste motive se acceptă comparațiile între itemi, dacă cei mai mulți dintre ei îndeplinesc această condiție (Sava, 2011).

Tipul de test de invarianță aplicat trebuie adaptat contextului în care se realizează cercetarea, deoarece succesiunea etapelor poate diferi de la caz la caz (Schmitt & Kuljanin, 2008). Pentru a clarifica lucrurile, în subcapitolul următor se vor exemplifica etapele unei astfel de analize, valabile pentru studiul de caz selectat.

4) Invarianța erorii de măsurare a fiecărui item

A patra etapă implică testarea egalității erorii de măsurare a fiecărui item prin compararea reziduurilor ecuațiilor de regresie obținute pentru fiecare grup. Această verificare demonstrează dacă măsurătorile au fost efectuate cu aceeași precizie sau nu (Balog, 2013; Putnick & Bornstein, 2016; Schmitt & Kuljanin, 2008).

INDICATORII MODELULUI DE INVARIANTĂ

Calitatea fiecărui model de invarianță este dată de valoarea indicatorilor principali măsurati în cadrul analizelor confirmatorii, unanim recunoscuți de specialiști, dintre care amintim *Tucker-Lewis Index (TLI)*, *Comparative Fit Index (CFI)*, *Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)* și *Standardized Root Mean Square*

Residual (SRMR). Valorile obținute ale acestor indicatori de calitate se compară cu cele considerate optime pentru confirmarea modelului. În realizarea analizei trebuie să se țină cont de faptul că modificările la toate nivelurile de invariabilitate sunt afectate de dimensiunile inegale ale eșantioanelor (Chen, 2007).

Condițiile pentru asigurarea invarianțelor modelelor, conform literaturii de specialitate, sunt următoarele:

- diferențele la nivelul gradelor de libertate între cele două grupuri NU sunt semnificative statistic; *sau*
- diferențele la nivelul valorilor indicelui "Comparative Fit Index" (CFI), denumite ΔCFI , atribuite modelului de invarianță analizat și modelului de bază, nu sunt mai mari de 0,01. Acest parametru este mai puțin sensibil la mărimea eșantionului (Sava, 2011); *sau*
- diferențele $\Delta CFI \leq |0,005|$, $\Delta RMSEA \geq 0,010$ și $\Delta SRMR \geq 0,025$ (Chen 2007 apud (Balog, 2013))

Modelul de referință, fără constrângerea parametrilor (invarianța configurabilă a scalei (nici o constrângere)), permite testarea nivelului în care configurația modelului ales este constantă în clusterelor analizate (Balog & Pribeanu, 2015). Astfel, se poate afirma că proba măsoară același construct de-a lungul grupurilor supuse testării (Sarbescu, 2014).

Modelul invarianței metrice slabe testează dacă toate subgrupurile clusterului analizat conceptualizează construcția fiecărui factor latent, așa cum a fost operaționalizat în cadrul modelului, într-un mod similar, respectiv "*coeficienții de regresie ai itemilor (încărcările itemilor pe fiecare factor de ordinul unu asociat) au valori similare de-a lungul subgrupurilor*" (Balog, 2013; Balog & Pribeanu, 2015) (*factor loadings of the model items were equivalent between subgroups of category/cluster analysed*) (Bhat, Roopesh, Bhaskarapillai, & Benegal, 2019). Dacă modelul invarianței metrice slabe nu se confirmă se poate testa *invarianța metrică slabă parțială* (Montroy et al., 2019).

Modelul invarianței metrice puternice (scalare) evaluează dacă constantele (punctele de intercepție) de încărcare a factorilor (pattern of indicator-factor loadings) sunt echivalente de-a lungul subgrupurilor testate (Huang, Beshai, Korol, & Carleton, 2017).

MODELUL BIDIMENSIONAL DE CERCETARE

Structura interioară a competențelor, privite drept finalități, poate fi percepută ca bidimensională, cei doi factori latenți corespunzând cunoștințelor și

convincerilor (Pânișoara & Pânișoară, 2019). Pe baza conceptelor și rezultatelor mai multor studii pe acest subiect se investighează validitatea, invarianța și consistența unui model bidimensional al atitudinii studenților față de dobândirea de competențe și abilități.

Modelul este asimilat unui factor de ordinul doi (atitudinea față de acumularea de competențe) și a doi factori de ordinul unu (atitudinea față de dobândirea de cunoștințe și auto-eficacitatea/convincerile persoanelor despre posibilitatea de a atinge anumite idealuri/scopuri prestabilite). Din cei 353 de studenți voluntari care au completat chestionarele în format print și online legate de acest subiect a fost selectat aleatoriu un eșantion pentru acest model folosind funcția RAND din Microsoft Excel.

ETAPELE PENTRU TESTAREA INVARIANȚEI ÎN CAZUL STUDIULUI DE REFERINȚĂ

În concordanță cu literatura de specialitate au fost efectuate toate testele de normalitate, au fost identificați outlierii folosind scorurile scalelor, au fost investigate situațiile de multi-coliniaritate extremă etc. Pentru studiul de caz analizat, pe baza experiențelor anterioare și a cercetărilor descrise în literatură (Balog & Pribeanu, 2015), s-a avut în vedere existența unui model de măsurare (de ordinul I) și a unui model structural (de ordinul II).

Pentru efectuarea analizei factoriale confirmatorii multi-grup, necesară analizelor de invarianță, se efectuează mai întâi o succesiune de teste și analize, descrise în ordine cronologică în paragrafele următoare, însoțite de capturi de imagini asociate fiecărei secvențe. programul utilizat fiind IBM SPSS Amos versiunea 26.0.0 (free):

- a. *Analiza unidimensionalității* (Gaskin & Lim, 2018), respectiv a *calității modelului de măsurare* (Park et al., 2019) (etapele sunt ilustrate în Figurile 6.1, 6.2 și 6.3);
- b. *Testarea validității convergente și discriminante* (Lee, 2019) a modelului de măsurare ales este prima condiție obligatorie pentru o analiză corectă a datelor. Aceste teste se realizează prin modelarea ecuațiilor structurale (etapele sunt ilustrate în Figura 6.3);
- c. *Analiza SEM pentru modelul structurat* (etapele sunt ilustrate în Figurile 6.4, 6.5 și 6.6);
- d. *Analiza factorială confirmatorie multi-grup pentru modelul structurat* (Figura 6.7);

- e. Testarea invarianței pentru modelul structurat față de o variabilă categorie independentă. În cazul studiului de caz ales variabila selectată a fost genul (etapele sunt ilustrate în Figurile 6.8- 6.10).

Testarea invarianței modelului structural compus din 11 itemi în funcție de gen s-a realizat prin utilizarea analizelor factoriale confirmatorii (CFA), modelării structurale (SEM), și analizei grupurilor multiple (SEMMG), la fel ca în alte cercetări similare (Huang et al., 2017; Sarbescu, 2014).

Au fost testate trei modele de verificare a constanței configurale a scalei între femei și bărbați (*nici o constrângere - model de referință*), invarianța metrică slabă (*constrângeri la nivel de coeficienți de regresie ai itemilor*) și invarianța metrică puternică (scalară) (*constrângeri la nivelul punctelor de interceptie din ecuațiile de regresie ale itemilor*).

Model M1: Această primă etapă a presupus verificarea invarianței configurației modelului de-a lungul subgrupurilor analizate – model neconstrâns. Rezultatele arată că invarianța numărului de factori, respectiv de itemi asociați factorilor în cele două eșantioane (femei versus bărbați), analizate în cazul modelului structural propus, este respectată ($\chi^2 = 133,347$, $df = 78$, $CFI = 0,967$, $TLI = 0,954$, $RMSEA = 0,045$, $SRMR = 0,043$).

Model M2: În cea de a doua etapă s-au configurat constrângeri ale modelului de bază (de referință), respectiv coeficienții de regresie ai itemilor asociați fiecărui factor de ordinul unu (atitudinea față de acumularea de cunoștințe și auto-eficacitatea) au fost constrânși să fie egali în cele două grupuri. Rezultatul testului de diferență $\Delta\chi^2$ (Tabelul 6.1) indică absența invarianței metriche slabe între cele două grupuri analizate deoarece coeficienții de regresie variază. În această situație se testează invarianța parțială, respectiv invarianța de-a lungul celor două legături: atitudine - competențe versus atitudinea față de acumularea de cunoștințe și atitudine - competențe față de auto-eficacitate. Valorile coeficientului *Chi-square Thresholds* sunt superioare pentru ambele legături (159,887 și 159,884), în consecință se poate afirma că invarianța metrică slabă față de gen nu se respectă.

Rezultatele sumative, concretizate prin valorile indicilor de calitate ai modelului structural cu privire la testarea invarianței sunt prezentate în Tabelul 6.2. Rezultatele obținute susțin exclusiv invarianța configurală a SFV, atât prin valoarea optimă a RMSEA, dar și datorită valorii optime a CFI. Invarianța metrică și cea scalară a scalei nu sunt susținute, deoarece diferențele $\Delta\chi^2$ (Δdf) sunt semnificative statistic, iar valoarea ΔCFI este egală cu -0,01, condiția de invarianță fiind ca diferența să fie mai mică de 0,01.

THE CONCEPT OF INVARIANCE

ABSTRACT: The concept of invariance, widely recognized in the literature, indicate the extent to which the size of the construct, expressed by a set of items represent the same meaning for different clusters or the same group, but located in different time moments. To investigate these aspects it is necessary to test the extent to which the latent factors (equivalent names - latent variables or dimensions) associated with a confirmatory factor analysis model (CFA) emulate with the same meaning the behaviour of different categories of persons in the investigation group. The steps and the need for this multivariate analysis are summarized, together with the steps taken for this type of multivariate analysis, in the case of the study selected to exemplify the theoretically described notions.

MEASUREMENT INVARIANCE. THEORETICAL NOTIONS

The measurement invariance estimates the psychometric similarity of a construct, between different categories or at different time moments, in the case of the same group. If the structure of a construct varies according to the category/time of measurement, valid for the same group, we can state that we are in the situation of the non-invariance of measurement, therefore *the model can not be tested or interpreted comparatively* in different groups or temporal moments (Putnick & Bornstein, 2016).

Therefore, before testing the average/median differences between groups or the response to two temporal variable localizations or the different relationships of latent factors, it is mandatory to test the invariance of the construction (David, 2015; Putnick & Bornstein, 2016; Sava, 2011).

Invariance analyses are particularly important because they allow us to demonstrate, and subsequently interpret, the differences between different categories of the same target group investigated, being relevant if the results are generalized. Invariance tests are particularly useful because they measure whether dependent variables respond differently depending on the values of the same independent or moderating variable.

From Sava's perspective (2018), in the absence of invariance, any difference noticed between two variants of the same response variable can

not be directly attributed to the differences between the investigated categories, but can be attributed to the existing differences at the construction level (Sava, 2011). Testing the invariance of the measuring instrument can be performed using the multi-group confirmatory factor analysis method (multiple groups) (MGCFA) (Balog, 2013).

SUCCESSIVE INVARIANCE TESTS

When using measuring instruments to compare the behaviour of different clusters or members of the same group in different situations, we will need to consider the following successive tests (*associated models are subsumed or nested, as stated by several authors*):

- 1) **Invariance of the construct** (*configuration /equivalence of factor variances*) At this stage, it is tested whether all groups have the same latent factors and the same items. Specifically, it is demonstrated that the factorial structure is the same for different clusters, respectively the same dimensions explain the variation-covariance matrices associated with the group responses. It is recommended to perform a separate analysis of variation-covariance matrices, in order to investigate each relationship between the latent variables of the model. This non-constrained model also referred as "base model" or "reference model" is used as a benchmark compared to other models containing data constraints. Therefore, the parameters of two different groups can vary, their values are similar, but not necessarily identical (Schmitt & Kuljanin, 2008). The invariance of the shape of the model ensures that a construct has a similar significance in the groups under analysis. Compliance with the invariance condition of the shape of the model is mandatory (Balog, 2013) for further invariance tests.

- 2) **Weak metric invariance (metric)**

This stage involves testing the constancy of factor load values, regardless of the population subcategory analyzed, within a cluster. Weak metric invariance (metric) is confirmed if the coefficients of the regression between each latent factor and the associated items are the same or nearly the same, reflecting the constancy of the intensity of these relationships across the categories/moments. For example, at this stage of the invariance analysis, it can be established

whether there are significant differences between the two groups regarding the level of saturation of items in factors. Checking weak metric invariance is mandatory if we want to use the same scale of measurement in different cultural contexts (*for example, we propose to compare the attitude towards the adoption of modern technologies of teachers from Romania versus those from France*). Weak metric invariance may be valid for all items of a scale, or partially, only in the case of some items, corresponding to *partial weak metric invariance* (Schmitt & Kuljanin, 2008).

3) Strong metric invariance (scalar)

In this case, the constants of the equations for the regression between each latent factor and the associated items are the same or nearly the same, reflecting the constancy of the intensity of these relationships along analyzed categories/moments; non-fulfilment of metric invariance is reflected in the statistically significant difference between the average values of responses (latent factors). Only if the investigated groups reach this level of invariance is it correct to compare the behaviour of people coming from different cultural backgrounds, because the differences can be attributed exclusively to the measured characteristics and not to other external factors not foreseen in the research.

But for large-scale groups, strong metric invariance is hard to meet. For these reasons, comparisons between items are accepted, if most of them meet this condition (Sava, 2011).

The type of invariance test applied should be adapted to the context in which the research is carried out, since the sequence of steps may differ on a case-by-case basis (Schmitt & Kuljanin, 2008). To clarify things, the following subchapter will exemplify the stages of such an analysis, valid for the selected case study.

4) Invariance of the measurement error of each item

The fourth stage involves testing the equal measurement error of each item by comparing the residues of the regression equations obtained for each group. This check shall demonstrate whether the measurements have been made with the same accuracy or not (Balog, 2013; Putnick & Bornstein, 2016; Schmitt & Kuljanin, 2008).

INDICATORS OF THE INVARIANCE MODEL

The quality of each invariance model is given by the value of the main indicators measured in confirmatory analyses, unanimously recognized by specialists, among which we mention *Tucker-Lewis Index (TLI)*, *Comparative Fit Index (CFI)*, *Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)* și *Standardized Root Mean Square Residual (SRMR)*. The obtained values of these quality indicators are compared with those considered optimal for the confirmation of the model. In carrying out the analysis it should be taken into account that changes at all levels of invariability are affected by the uneven dimensions of the samples (Chen, 2007).

The conditions for ensuring the invariances of models, according to the literature, are as follows:

- the differences at the level of the degrees of freedom between the two groups are not statistically significant; *or*
- the differences at the level of the "Comparative Fit Index" (CFI), named ΔCFI , assigned to the analyzed invariance model and to the basic model, are not more than 0.01. This parameter is less sensitive to the sample size (Sava, 2011); *or*
- the differences $\Delta CFI \leq |0.005|$, $\Delta RMSEA \geq 0.010$ and $\Delta SRMR \geq 0.025$ (Chen 2007 apud (Balog, 2013))

The reference without constraint parameters (configurable scale invariance (no constraint)) allows testing the level where the configuration of the chosen model is constant in analyzed clusters (Balog & Pribeanu, 2015). Thus, it can be said that the sample measures the same construct along with the groups subjected to testing (Sarbescu, 2014).

The weak metric invariance model tests whether all subgroups of the analyzed cluster conceptualize the construction of each latent factor, as it was operationalized within the model, in a similar way, respectively "*item regression coefficients (item loads on each associated order one factor) have similar values across subgroups*" (Balog, 2013; Balog & Pribeanu, 2015) (*factor loadings of the model items were equivalent between subgroups of category/cluster analysed*) (Bhat et al., 2019). If the weak metric invariance model is not confirmed, the partial weak metric invariance can be tested (Montroy et al., 2019).

The model of strong metric invariance (scaling) evaluates whether the constants (interception points) of factor load (pattern of indicator-factor loadings) are equivalent throughout the tested subgroups (Huang et al., 2017).

TWO-DIMENSIONAL RESEARCH MODEL

The inner structure of competences, regarded as finalities can be perceived as two-dimensional, the two latent factors corresponding to knowledge and beliefs (Pânișoara & Pânișoară, 2019). Based on the concepts and results of several studies on this subject, the validity, invariance and consistency of a two-dimensional model of students' attitude to the acquisition of skills and abilities are investigated.

The model is assimilated with a second-order factor (attitude toward the accumulation of skills), and two first-order factors (attitude towards the acquisition of knowledge and self-efficacy - beliefs of individuals about the possibility to reach pre-established ideals/goals). Of the 353 students who voluntarily completed the questionnaire in print/online format on the subject the sample for this model has been selected randomly, using the function RAND in Microsoft Excel.

STEPS FOR INVARIANCE TESTING FOR THE REFERENCE STUDY

In accordance with the literature, all normality tests were performed, outliers were identified using the scores of scales, situations of extreme multicollinearity were investigated, etc. For the analyzed case study, based on previous experiences and research described in the literature (Balog & Pribeanu, 2015), it was taken into account the existence of a measurement model (of order I) and a structural model (of order II).

In order to perform the multi-group confirmatory factor analysis necessary for invariance analyses, a sequence of tests and analyses, described in chronological order in the following paragraphs, shall first be carried out, accompanied by screenshots associated with each sequence, the program used being IBM SPSS Amos version 26.0.0 (free):

- a. *One-dimensionality analysis* (Gaskin & Lim, 2018), *the quality of the measurement model* (Park et al., 2019) (the steps are illustrated in Figures 6.1, 6.2 and 6.3);
- b. *Testing convergent and discriminatory validity* (Lee, 2019) of the chosen measurement model is the first mandatory condition for a correct analysis of data. These tests are carried out by modeling structural equations (the steps are illustrated in Figure 6.3);

- c. *SEM analysis for the structured model* (the steps are illustrated in Figures 6.4, 6.5 și 6.6);
- d. *Multi-group confirmatory factor analysis for the structured model* (Figure 6.7);
- e. Invariance testing for the structured model versus an independent category variable. In the case of the chosen case study, the selected variable was gender – (the steps are illustrated in Figures 6.8, 6.9 and 6.10).

Testing the invariance of the structural model composed of 11 items relative to gender was performed using confirmatory factorial analysis (CFA), structural modelling (SEM), and multiple group analysis (SEMMG), as in other similar research (Huang et al., 2017; Sarbescu, 2014).

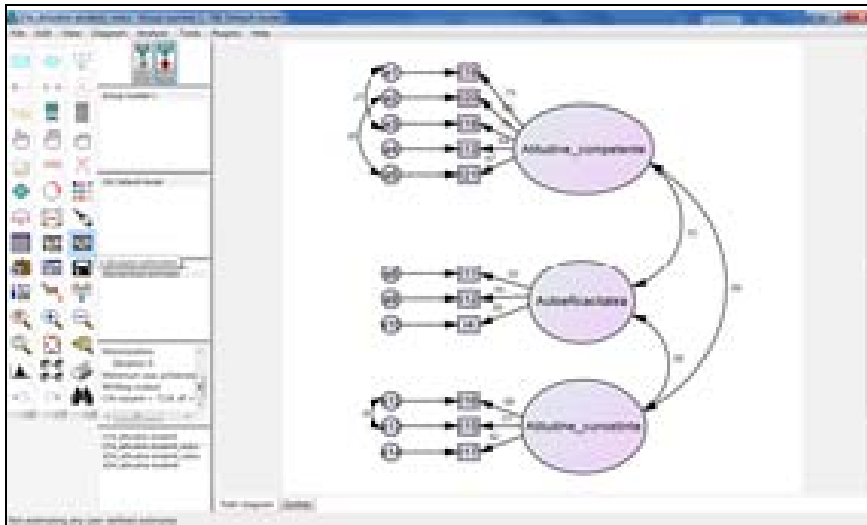
Three models were tested to check the configured constancy of the scale between women and men (no constraint - reference model), the weak metric invariance (constraints at the level of regression coefficients of the items) and the strong metric invariance (constraints at the level of the intercept points in the regression equations of the items).

Model M1: This first step involved checking the invariance of the model configuration along with the analyzed subgroups - non-tight model. The results show that the invariance of the number of factors and, respectively, of the items associated to the factors in the two groups (male vs. female), examined in the case of the proposed structural model, it is fulfilled ($\chi^2 = 133.347$, $df = 78$, $CFI = 0.967$, $TLI = 0.954$, $RMSEA = 0.045$, $SRMR = 0.043$).

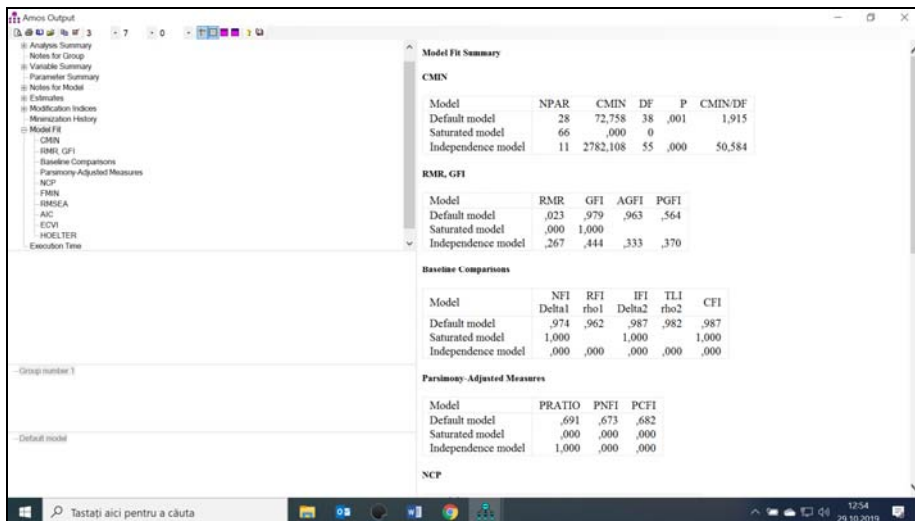
Model M2: In the second stage, the set of constraints of the base (reference) model was configured, respectively the regression coefficients of the items associated with each factor of the first order (attitudes towards the acquisition of knowledge and self-efficacy) were constrained to be equal in the two groups. Difference test result $\Delta\chi^2$ (Table 6.1) indicates the absence of weak metric invariance between the two groups analyzed because the regression coefficients vary. In this situation, the partial invariance is tested, i.e. the invariance across the two links: attitudes – skills versus attitude towards the accumulation of knowledge, and attitude-skills toward self-efficacy. The values of the Chi-square threshold coefficient are superior for both links (159.887 și 159.884), consequently, it can be said that the weak metric invariance towards gender is not respected.

The summative results, materialized by the values of the structural quality of the model with regard to the invariance testing are given in Table 6.2.

The obtained results support exclusively the invariance of SFV configuration, both by the optimal value of RMSEA, but also by the optimal value of CFI. The metric and scalar invariance of the scale are not supported because the differences $\Delta\chi^2$ (Δdf) are statistically significant, and ΔCFI value is equal to -0.01, the invariance condition being that the difference is less than 0.01.



Figura/Figure 6.1 Analiza CFA a modelului structurat/
CFA analysis of the structured model

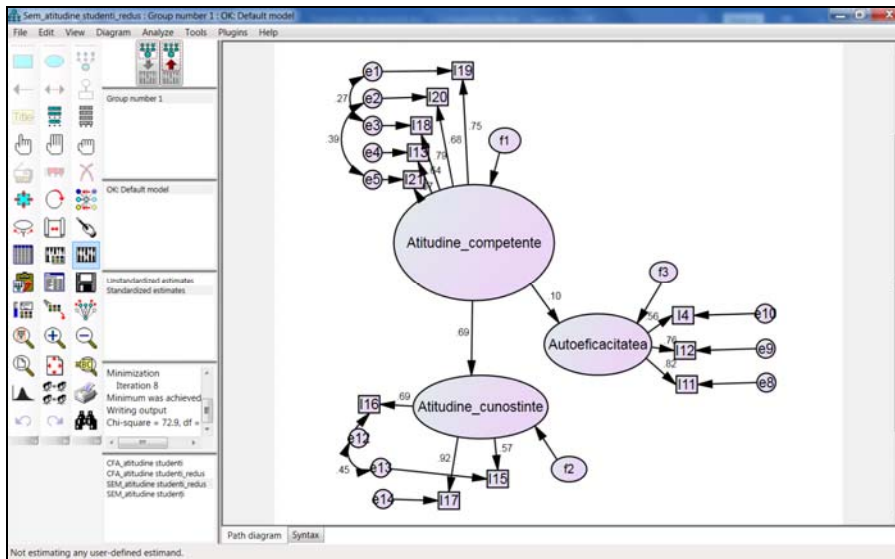


Figura/Figure 6.2 Verificarea calității modelului de măsură (inspectare valori ale indicilor de calitate CFI, TLI, GFI, AGFI, etc.)/ Checking the quality of the measurement model (inspection values of CFI, TLI, GFI, AGFI, etc.)

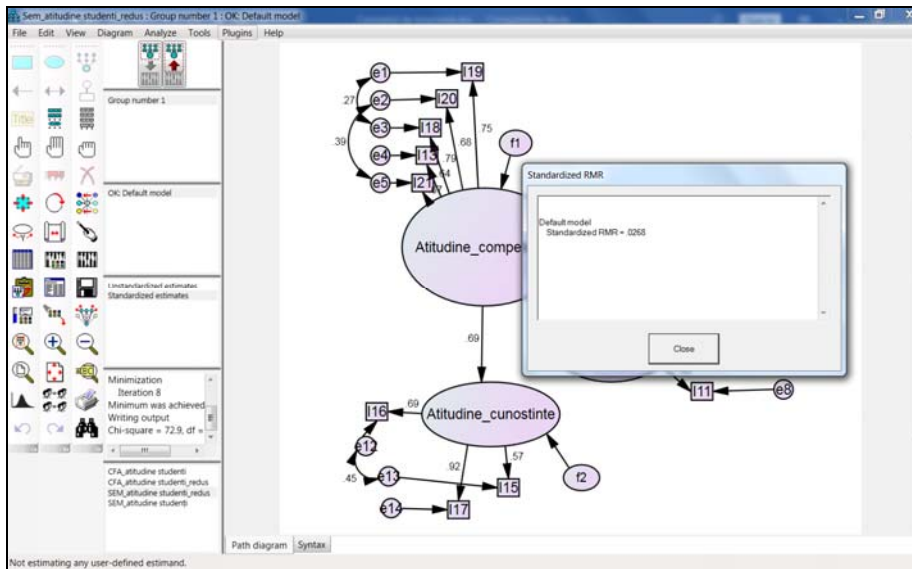
The concept of invariance

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		CR	AVE	MSV	MaxR(H)	Autoefica citeata	Atitudine competente	Atitudine cunostinte			
2	Autoeficacitatea	0.763	0.523	0.010	0.797	0.723					
3	Atitudine competente	0.833	0.501	0.471	0.842	0.098	0.708				
4	Atitudine cunostinte	0.780	0.551	0.471	0.875	0.083	0.686	0.742			
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

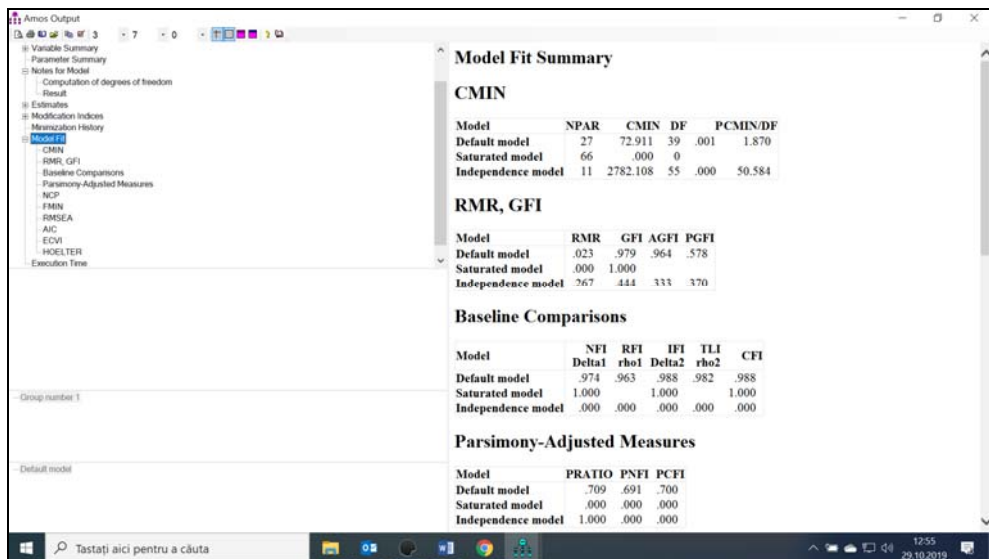
Figura/Figure 6.3 Verificarea validității de structură a modelului de măsură/ Verification of the structure validity of the measurement model $CR > 0.7$ and $AVE > 0.5$ and $AVE > MSV$



Figura/Figure 6.4 Analiza SEM a modelului structurat/ SEM analysis of the structured model

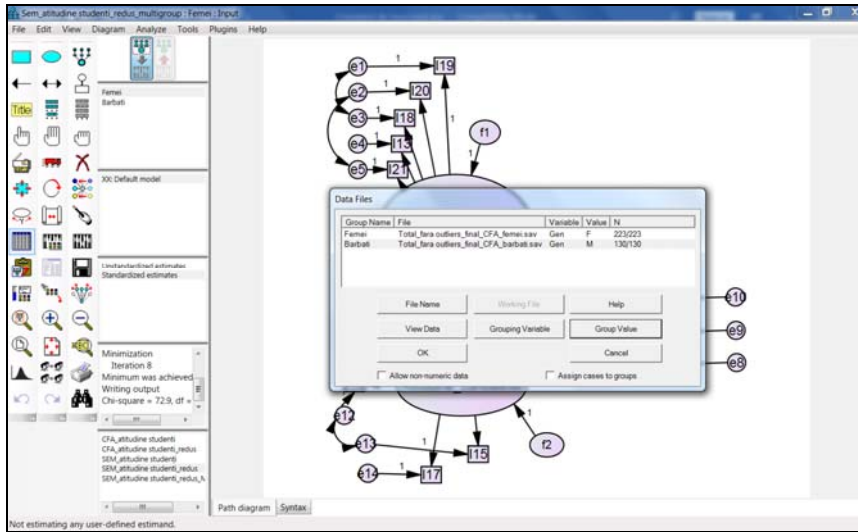


Figura/Figure 6.5 Verificarea indicatorilor de calitate a modelului SEM.
Indice SRM/ Verification of the quality indicators of the SEM model. SRM index

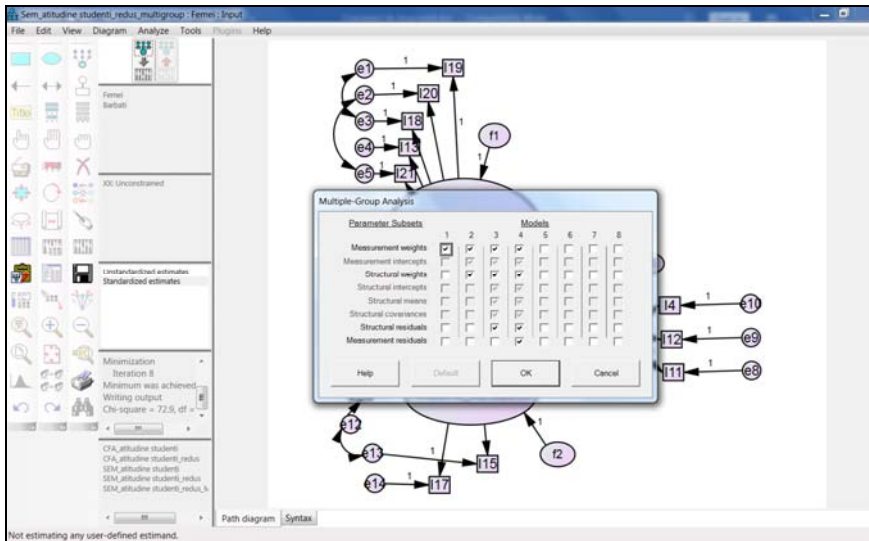


Figura/Figure 6.6 Verificare calității modelului structural (inspectare valori ale indicilor de calitate CFI, TLI, GFI, AGFI, etc.)/ Quality verification of the structural model (inspection of values of quality indices CFI, TLI, GFI, AGFI, etc.)

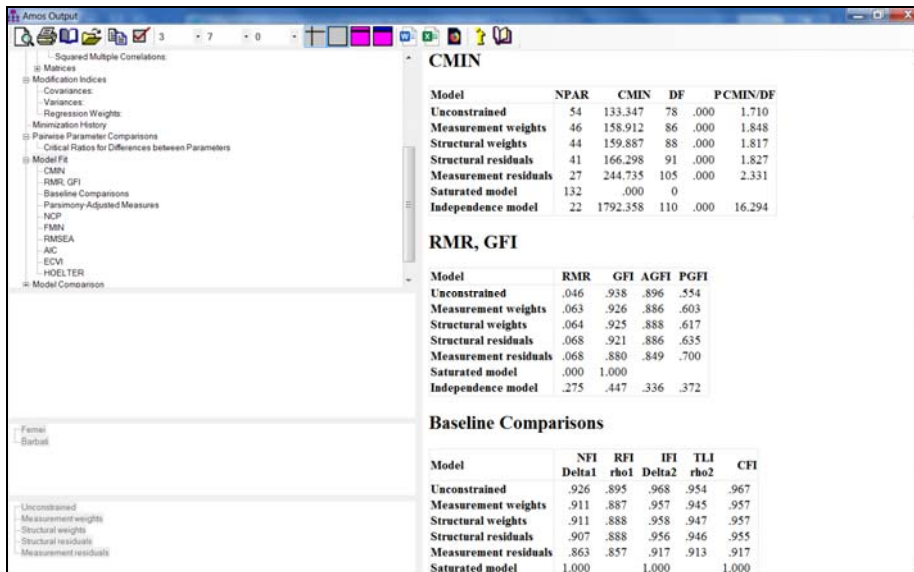
The concept of invariance



Figura/Figure 6.7 Managementul grupurilor și selectarea bazelor de date/ Group management and database selection



Figura/Figure 6.8 Analiza grupurilor multiple. Prima etapă – selectarea modelelor/ Analysis of multiple groups. The first stage – selection of models



CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Unconstrained	54	133.347	78	.000	1.710
Measurement weights	46	158.912	86	.000	1.848
Structural weights	44	159.887	88	.000	1.817
Structural residuals	41	166.298	91	.000	1.827
Measurement residuals	27	244.735	105	.000	2.331
Saturated model	132	.000	0		
Independence model	22	1792.358	110	.000	16.294

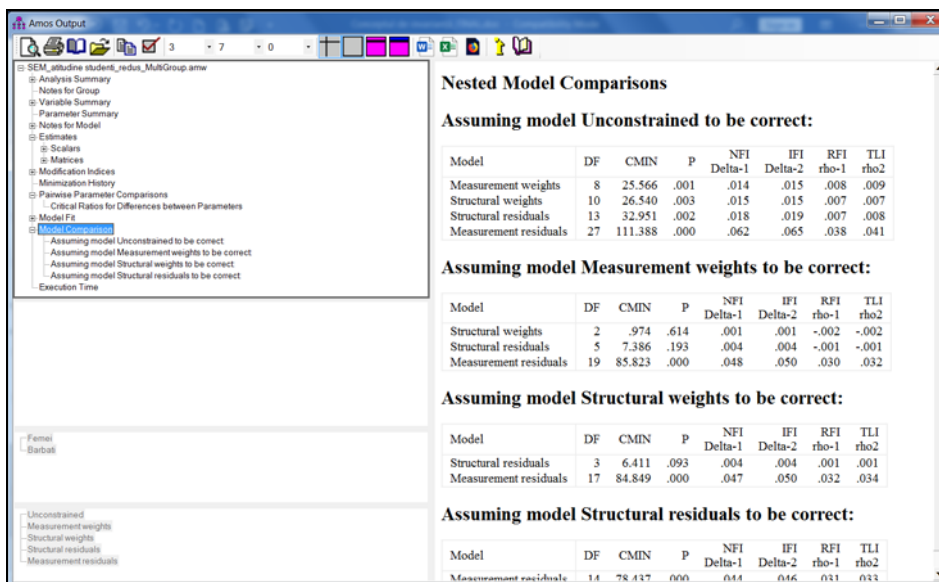
RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Unconstrained	.046	.938	.896	.554
Measurement weights	.063	.926	.886	.603
Structural weights	.064	.925	.888	.617
Structural residuals	.068	.921	.886	.635
Measurement residuals	.068	.880	.849	.700
Saturated model	.000	1.000		
Independence model	.275	.447	.336	.372

Baseline Comparisons

Model	NFI	RFI	IFI	TLI	CFI
	Delta1	rho1	Delta2	rho2	
Unconstrained	.926	.895	.968	.954	.967
Measurement weights	.911	.887	.957	.945	.957
Structural weights	.911	.888	.958	.947	.957
Structural residuals	.907	.888	.956	.946	.955
Measurement residuals	.863	.857	.917	.913	.917
Saturated model	1.000		1.000		1.000

Figura/Figure 6.9 Analiza grupurilor multiple. A doua etapă – verificarea invarianței configurației modelului de-a lungul subgrupurilor analizate (invarianța numărului de factori, respectiv de itemi asociați factorilor)/Analysis of multiple groups. The second stage – verification of the invariance of the model configuration along the analyzed subgroups (invariance of the number of factors, respectively of items associated with factors)



Nested Model Comparisons

Assuming model Unconstrained to be correct:

Model	DF	CMIN	P	NFI	IFI	RFI	TLI
				Delta-1	Delta-2	rho-1	rho-2
Measurement weights	8	25.566	.001	.014	.015	.008	.009
Structural weights	10	26.540	.003	.015	.015	.007	.007
Structural residuals	13	32.951	.002	.018	.019	.007	.008
Measurement residuals	27	111.388	.000	.062	.065	.038	.041

Assuming model Measurement weights to be correct:

Model	DF	CMIN	P	NFI	IFI	RFI	TLI
				Delta-1	Delta-2	rho-1	rho-2
Structural weights	2	.974	.614	.001	.001	-.002	-.002
Structural residuals	5	7.386	.193	.004	.004	-.001	-.001
Measurement residuals	19	85.823	.000	.048	.050	.030	.032

Assuming model Structural weights to be correct:

Model	DF	CMIN	P	NFI	IFI	RFI	TLI
				Delta-1	Delta-2	rho-1	rho-2
Structural residuals	3	6.411	.093	.004	.004	.001	.001
Measurement residuals	17	84.849	.000	.047	.050	.032	.034

Assuming model Structural residuals to be correct:

Model	DF	CMIN	P	NFI	IFI	RFI	TLI
				Delta-1	Delta-2	rho-1	rho-2
Measurement residuals	14	78.437	.000	.044	.046	.031	.033

Figura/Figure 6.10 Analiza grupurilor multiple. A treia etapă – compararea modelelor neconstrânse cu cele constrânse/ Analysis of multiple groups. The third stage-comparison of unconstrained and constrained models

The concept of invariance

**Tabel/Table 7.1 Testul de diferență $\Delta\chi^2$ între M1 și M2/
 $\Delta\chi^2$ difference Test between M1 and M2**

	Chi-square	df	p-val	Invariant?
Overall Model				
Unconstrained	133.347	78		
Fully constrained	158.912	86		
Number of groups		2		
Difference	25.565	8	0.001	NO
Chi-square Thresholds				
90% Confidence	136.05	79		
Difference	2.71	1	0.100	
95% Confidence	137.19	79		
Difference	3.84	1	0.050	
99% Confidence	139.98	79		
Difference	6.63	1	0.010	

Step 1. provide chi-square and df for unconstrained and constrained models, and provide the number of groups. The thresholds (green cells) will be updated automatically.

Groups are different at the model level. Check path differences.

Any chi-square more than the threshold (Green Cells) will be variant for a path by path analysis. This is only applicable to models where you are changing one path at a time (i.e., have a difference of one degree of freedom)

**Tabel/Table 7.2. Indicatori de potrivire ai modelului structural
asociați testelor de invarianță/ Matching indicators of the structural model
associated with invariance tests**

Model de invarianță/ Invariance model	χ^2	df	$\Delta\chi^2$ (Δdf)	RMSEA	CFI	ΔCFI
Invarianță configurată IC/ IC configuration invariance	133.347	78	–	.045	.967	–
Invarianță metrică slabă IM/ Weak metric invariance IM	158.912	86	25.565(8)**	.049	.957	-0.01
Invarianță metrică puternică IS/ Strong metric invariance IS	159.887 **	88	26.54(8)**	.048	.957	-0.01

** p < .01.

CUPRINS

ARGUMENT	5
INTRODUCERE	5
METODE PENTRU CERCETAREA EDUCAȚIONALĂ	9
NOȚIUNI INTRODUCTIVE.....	9
CERCETAREA CALITATIVĂ.....	11
CERCETAREA CANTITATIVĂ	13
CERCETAREA MIXTĂ	14
EXEMPLU DE CERCETARE SISTEMATICĂ.....	15
DEZVOLTAREA ȘI VALIDAREA UNUI INSTRUMENT	
DE CERCETARE.....	26
DEZVOLTAREA INSTRUMENTULUI DE CERCETARE.....	26
VALIDAREA INSTRUMENTULUI DE CERCETARE	26
Validarea de conținut.....	27
Validarea de construct	31
STATISTICA DESCRIPTIVĂ.....	38
ELEMENTE INTRODUCTIVE.....	38
ETAPE PRINCIPALE ALE STATISTICII DESCRIPTIVE.....	39
Reprezentări grafice. Graficul box-plot	39
Identificarea și eliminarea valorilor aberante (outliers).....	39
Testarea normalității	40
Calcularea tendinței centrale și a consistenței interne	
a indicatorilor	41
TESTE COMPARATIVE ALE DATELOR ORDINALE	51
PREZENTARE GENERALĂ	51
TESTE NEPARAMETRICE.....	52
Teste neparametrice pentru compararea a două eșantioane	
sau populații independente	53
Analize neparametrice pentru compararea a trei eșantioane	
sau populații independente	54

ANALIZA FACTORIALĂ	62
NOȚIUNI INTRODUCTIVE.....	62
ANALIZA COMPONENTELOR PRINCIPALE (PCA).....	62
Modelarea intensității analizei.....	63
Coeficienții de corelație între variabile.....	64
ANALIZA FACTORIALĂ EXPLORATORIE ȘI CONFIRMATORIE	64
Unidimensionalitatea subscalelor de măsurare	65
Etapile realizării unei analize factoriale exploratorii.....	65
EXEMPLU DE REALIZARE A UNEI ANALIZE FACTORIALE.....	66
 CONCEPTUL DE INVARIANTĂ	 78
INVARIANTA DE MĂSURARE. NOȚIUNI TEORETICE	78
TESTE SUCCESIVE DE INVARIANTĂ	79
INDICATORII MODELULUI DE INVARIANTĂ.....	80
MODELUL BIDIMENSIONAL DE CERCETARE.....	81
ETAPELE PENTRU TESTAREA INVARIANTEI ÎN CAZUL	
STUDIULUI DE REFERINȚĂ	82
 BIBLIOGRAFIE	 96

TABLE OF CONTENTS

ARGUMENT	7
INTRODUCTION	7
METHODS FOR EDUCATIONAL RESEARCH.....	17
GETTING STARTED	17
QUALITATIVE RESEARCH	19
QUANTITATIVE RESEARCH.....	21
MIXED RESEARCH.....	22
EXAMPLE OF SYSTEMATIC RESEARCH	23
DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A RESEARCH	
INSTRUMENT.....	32
DEVELOPMENT OF THE RESEARCH INSTRUMENT	32
VALIDATION OF THE RESEARCH INSTRUMENT	32
Content validation.....	33
Construct validation.....	36
DESCRIPTIVE STATISTICS.....	43
INTRODUCTORY ELEMENTS	43
MAIN STAGES OF DESCRIPTIVE STATISTICS	44
Graphic representations. Box-plot chart	44
Identification and elimination of aberrant values (outliers).....	44
Normality testing.....	45
Calculation of the central trend and internal consistency	
of indicators.....	46
COMPARATIVE TESTS OF ORDINAL DATA	55
OVERVIEW	55
NONPARAMETRIC TESTS	56
Nonparametric tests for comparison	
of two samples or independent populations	57
Nonparametric analyses for the comparison	
of three samples or independent populations.....	57

FACTOR ANALYSIS	68
GETTING STARTED	68
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA).....	68
Modelling of the analysis intensity	69
The correlation coefficients between variables.....	70
EXPLORATORY AND CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS.....	70
One-dimensional measurement subscales	71
Stages of exploratory factor analysis	71
EXAMPLE OF A FACTORIAL ANALYSIS	72
 THE CONCEPT OF INVARIANCE.....	 84
MEASUREMENT INVARIANCE. THEORETICAL NOTIONS	84
SUCCESSIVE INVARIANCE TESTS.....	85
INDICATORS OF THE INVARIANCE MODEL	87
TWO-DIMENSIONAL RESEARCH MODEL.....	88
STEPS FOR INVARIANCE TESTING FOR THE REFERENCE STUDY	 88
 REFERENCES.....	 96



ISBN: 978-606-37-0643-1